

بررسی اثر کاربرد میکوریزا، ورم کمپوست و کود فسفات زیستی بر عملکرد بیولوژیک و ریشه‌زایی در گیاه دارو رازیانه

Effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphate biofertilizer application on flowering, biological yield and root colonization in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.)

دورین کرمی، امیر قلاوند، فرهاد رجایی

چکیده

درزی، م. ت.، ا. قلاوند و ف. رجایی. بررسی اثر کاربرد میکوریزا، ورم کمپوست و کود فسفات زیستی بر عملکرد بیولوژیک و ریشه‌زایی در گیاه دارو رازیانه. مجله علوم زراعی ایران، ۱۰ (۱): ۱-۱۰.

به منظور بررسی اثر کودهای زیستی بر گلدهی، عملکرد بیولوژیک و درصد همزیستی ریشه با قارچ میکوریزا در گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل سه عاملی با استفاده از عامل های قارچ میکوریزایی (تلقیح و عدم تلقیح)، کود فسفات زیستی (۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و ورمی کمپوست (۱۰ و ۲۰ تن در هکتار) در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با هیجده تیمار و سه تکرار و در دو سال زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ به اجرا در آمد. مقایسه ای نیز بین این تیمارها با یک تیمار شاهد کود شیمیایی (NPK به میزان ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) به صورت طرح بلوک های کامل تصادفی با نوزده تیمار و سه تکرار انجام گرفت. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که بیشترین تعداد چتر در بوته، عملکرد بیولوژیک و درجه همزیستی ریشه در تلقیح با میکوریزا حاصل شد. کود فسفات زیستی نیز دارای اثر معنی داری بر ویژگی های مورد بررسی بود، به طوری که بیشترین تعداد چتر در بوته و درصد همزیستی ریشه با کاربرد ۲۰ کیلوگرم از آن و بیشترین عملکرد بیولوژیک با کاربرد ۱۰ کیلوگرم از آن بدست آمد. بیشترین تعداد چتر در بوته و عملکرد بیولوژیک با کاربرد ۲۰ تن ورمی کمپوست و نیز بیشترین درصد همزیستی ریشه با کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست حاصل گردید. اثر متقابل هم افزایی و مثبت نیز در بین عوامل مشاهده گردید که می توان به اثر متقابل تلقیح میکوریزایی × ورمی کمپوست بر عملکرد بیولوژیک اشاره کرد. مقایسه میانگین ها مبین آن بود که از نظر تعداد چتر در بوته و عملکرد بیولوژیک تیمار کود زیستی شامل تلقیح با میکوریزا، مصرف ۲۰ کیلوگرم کود فسفات زیستی و ۱۰ تن ورمی کمپوست و نیز از نظر درصد همزیستی ریشه، تیمار کود زیستی ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، مصرف ۲۰ کیلوگرم کود فسفات زیستی و ۱۰ تن ورمی کمپوست و نیز در مقایسه تیمار شاهد داشتند.

واژه های کلیدی: رازیانه، میکوریزا، کود فسفات زیستی، ورمی کمپوست، گلدهی، عملکرد بیولوژیک و همزیستی ریشه.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۵/۰۵

۱- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن (مکاتبه کننده)

۲- دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۳- استادیار، مؤسسه تحقیقات خاک و آب

نتیجه‌گیری

در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های کشاورزی موجب معضلات زیست‌محیطی و آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصلخیزی خاک‌ها گردیده است (Sharma, 2002b). کشاورزی با مصرف کودهای زیست‌محیطی با هدف حذف آلودگی در مصرف نهاده‌های کشاورزی راه حل مطلوب جهت غلبه بر مشکلات به شمار می‌آید. کودهای زیست‌محیطی حاوی مواد نگهدارنده ای که متراکم یک چند نوع ارگانیزم خاکریزی و بصورت فرآورده متابولیک موجودات می‌باشد که به منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه عناصر غذایی مورد نیاز به در یک سیستم کشاورزی نگهدارنده کار می‌رود (Saleh Rastin, 2001) که در این سیستم می‌توان به قارچ‌های میکوریزای (Vesicular Arbuscular Mycorrhiza) میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات و ورم‌کمپوست اشاره کرد. قارچ‌های میکوریزا دارای رابطه همزیستی با ریشه اغلب گیاهان زراعی می‌باشند و از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مثل فسفر و برخی دیگر کم‌مصرف، افزایش جذب آب، کاهش تاثیر منفی تنش‌های آبی و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا، سبب بهبود در رشد و عملکرد گیاهان میزبان در سیستم کشاورزی پایدار می‌شود (Sharma, 2002a). میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات نیز که عمدتاً از قارچ‌ها و قارچ‌ها می‌باشند با تولید اسیدهای آلی، موجب افزایش حلالیت فسفات‌های کمی محلول نظیر سنگ فسفات می‌شود. همچنین بسیاری از آنها با تولید آنزیم‌های فسفاتاز، سبب آزاد شدن فسفر از ترکیبات آلی می‌گردند (Gyaneshwar et al., 2002). ورمی کمپوست نیز با تولید شده به کمک کرم‌های خاکی است که در نتیجه تغییر و تبدیل و هضم ضایعات آلی (کود دامی، پسماندهای شهری و غیره)

در ضمن عبور از دستگاه گوارش این جانوران بوجود می‌آید. ورم‌کمپوست دارای تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری عناصر غذایی بالا، تهویه و زهکشی و ظرفیت بالای نگهداری آب می‌باشد و استفاده از آن در کشاورزی پایدار، علاوه بر افزایش جمعیت فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک (نظیر قارچ‌های میکوریزا و میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات)، در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول عمل نموده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (Arancon et al., 2004). با توجه به تاکنونی که کشاورزی پایدار بر افزایش حاصلخیزی و پایداری عملکرد دارد، گیاهان دارویی که محصولات کم‌آلودگی و بی‌خطر برای مصرف محسوب می‌شوند و به سبب رسیدن در چرخه شراکت حداکثر رشد و عملکرد از آنها حاصل گردد (Gupta et al., 2002). از گیاهان دارویی که محصولات کم‌آلودگی و بی‌خطر (Foeniculum vulgare Mill.) اشاره کرد که از اهمیت زیادی در ایران و جهان برخوردار بوده و از اسانس حاصل از دانه آن در صنایع مختلف داروسازی، غذایی، آرایشی و بهداشتی استفاده می‌شود (Marotti et al., 1993; Khan et al., 1992; Bajaj, 1989; Omidbaigi, 1997). به داروهای رایج در کشور ما ایران پراکنده گیاهان در مناطق خراسان، تهران، کرمان، مازندران، کردستان، کرمان، گیلان و تبریز دارد و تا ارتفاع ۳۰۰۰ متری از سطح دریا به طور خودرو رشد می‌کند (Rashed Mohassel and Nezami, 1998). سطح زیست‌محیطی کشت رایج در ایران حدود ۱۰۰ هکتار می‌باشد و استان‌های عمده تولیدکننده این محصول شامل همدان، خراسان، کهگیلویه و بویراحمد، لرستان، تهران، کرمان و گلستان هستند (Darzi et al., 2005). با توجه به ارتباط با نقش کودهای زیست‌محیطی بر روی گیاهان دارویی و بهره‌رسانی رایج صورت گرفته است. در یک پژوهش کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) نشان دادند که

کولبا و سبب بهبود عملکرد بیولوژیک در باده دارو (Cabello et al., 2005). آنامالای و همکاران (Annamalai et al., 2004) بهبود معنی دار عملکرد بیولوژیک یک باده دارو از ره فرفون (*Phyllanthus amarus*) در اثر مصرف باکتری ای حل کننده فسفات در مقایسه با شمار شاهد بود. در خصوص اثر استفاده از ورم و کمپوست بر روی ورم ورمی مورد بررسی در گیاهان دارویی، انور و همکاران (Anwar et al., 2005) مشاهده نمودند که مصرف پنج تن در هکتار ورم و کمپوست همراه با کود NPK و نیتروژن و فسفر و پتاسیم و کیلوگرم در هکتار موجب افزایش عملکرد بیولوژیک باده دارو (ریحان (*Ocimum basilicum*) و شمار شاهد گردید. (Pandey, 2005) در مطالعه خود که روی باده دارو درمنه (*Artemisia pallens*) انجام شد، نشان داد که مصرف ورم و کمپوست موجب بهبود عملکرد بیولوژیک در مقایسه با شاهد گردید. در یک بررسی که توسط آرانکون و همکاران (Arancon et al., 2004) بر روی توت فرنگ (*Fragaria ananasa*) و با استفاده از مقادیر پنج و ده تن در هکتار ورمی کمپوست صورت گرفت، مشخص گردید که کاربرد مقادیر مختلف ورمی کمپوست، بطور معنی داری تعداد گلها را در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش داد. گزارش کال (Kale et al., 1987) این بود که استعمال ورم و کمپوست از طریق افزایش رشد و افزایش درصد همز و ریشه در باده دارو و افزایش عملکرد بیولوژیک (*Salvia sp.*) گردید. در یک پژوهش گلخانه ای که توسط ساینز و همکاران (Sainz et al., 1998) بر روی گیاهان شبدر قرمز (*Trifolium pratense*) و خیار صورت گرفت، مشخص گردید که مصرف ورم و کمپوست موجب افزایش قابل ملاحظه عملکرد بیولوژیک در کلونیزاسیون ریشه گردید. در همین رابطه، در مطالعه ای دیگر که روی گیاه جو صورت پذیرفت، مشخص شد که

رازیق قارچ میکوریزا سبب افزایش عملکرد بیولوژیک در تعداد چتر در بوته، بیوماس و درصد همز و ریشه آن گردید. بن در پژوهش که توسط سویرامانیان و همکاران (Subramanian et al., 2006) بر روی انجام گرفت، مشخص گردید که همز و ریشه و ریشه گیاه از میکوریزا، باعث افزایش در تعداد گل در بوته در مقایسه با شمار شاهد گردید. در تحقیق دیگری عنوان گردید که تلقیح باده دارو (*Cymbopogon martinii*) با گونه ای قارچ میکوریزا (*Glomus aggregatum*) سبب افزایش قابل توجه عملکرد بیولوژیک و درصد همز و ریشه گردید (Ratti et al., 2001). در همین خصوص طبع مطالعه دیگری بر روی نعناع (*Mentha arvensis*) انجام گرفت، گوپتا و همکاران (Gupta et al., 2002) گزارش کردند که تلقیح گیاه نعناع با گونه ای قارچ میکوریزای VAM به طور قابل ملاحظه ای عملکرد بیولوژیک و درصد همز و ریشه را در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده، افزایش داد. در پژوهش که روی گیاهان دارویی (*Anethum graveolens*) و نوع زیره (*Trachyspermum ammi* Sprague)، انجام شده بود، ملاحظه گردید که کاربرد دو گونه قارچ VAM به طور قابل توجهی درصد همز و ریشه و بیوماس گیاهان مذکور را بهبود بخشید (Kapoor et al., 2002). راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) در تحقیق خود بر روی گیاهان مشاهده کردند که کاربرد چندین سوش از باکتری ای حل کننده فسفات، عملکرد بیولوژیک را در مقایسه با شاهد افزایش داد. پژوهش هازاریکا و همکاران (Hazarika et al., 2000) نیز که بر روی گیاه چای (*Camellia sinensis*) و در شرایط مزرعه ای انجام گرفت، نشان داد که کاربرد یک گونه از باکتری حل کننده فسفات در حضور سنک فسفات موجب افزایش بیوماس و درصد کلونیزاسیون ریشه گردید. کاربرد یک میکروارگانیزم حل کننده فسفات در یک بستر حاوی ورم و ورم و

کاربرد ورمه کمپوست موجب بهبود چشمک‌آبی در عملکرد بیولوژیک شد (Kumawat et al., 2006). در این پژوهش که روی پایه نخود انجام شد، مشخص گردید که مصرف سه تن در هکتار ورمه کمپوست، باعث افزایش بارز عملکرد بیولوژیک در مقایسه با شاهد گردید (Jat and Ahlawt, 2004, 2006). گزارش زالر (Zaller, 2007) بیان آن بود که استعمال ورمه کمپوست موجب بهبود معنیه دار عملکرد بیولوژیک ارقام گوجه فرنگه در مقایسه با شاهد گردید. در مطالعه انجام گرفته روی ارزن مروار (*Pennisetum glaucum*) نیز مشخص شد که استعمال ورمه کمپوست موجب افزایش قابل توجه عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد گردید (Hameeda et al., 2006).

از آنجا که رویکرد جهانیه در تولید گیاهان دارویی به سمت استفاده از نظام های کشاورزی پایدار و بکارگیری روش های آبیاری آنها نظیر کاربرد کودهای زیستی به منظور ارتقاء عملکرد کمپوست و کیفیت گیاهان دارویی هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر قارچ میکوریزا، ورمه کمپوست و کود فسفات زیستی بر عملکرد بیولوژیک و درصد همزیستی ریشه در گیاه دارویی رازیانه بود.

مواد و روش ها

این تحقیق در طی دو سال ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در مزرعه ایستگاه تحقیقات همنند دماوند وابسته به مؤسسه

تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۱۰۰ متر از سطح دریا، به اجرا درآمد. میانگین بارش سالیانه ایستگاه ۱۱۰۰ میلی متری و دمای آن در حدود ۱۵ درجه سانتیگراد می باشد. قبل از کشت، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، از عمق صفر تا ۱۰ سانتی متری نمونه برداری بعمل آمد و مشخص گردید که بافت خاک لومی رسی و pH آن برابر ۵/۵ می باشد (جدول ۱). پژوهش با استفاده از آزمایش فاکتوریل سه عامل شامل عامل تلقیح با قارچ میکوریزا (M) در دو سطح (عدم تلقیح=M1 و تلقیح=M2)، عامل کود فسفات زیستی (P) در سه سطح (P1=۰، P2=۱۰ و P3=۲۰ کیلوگرم در هکتار) و عامل ورمه کمپوست (V) در سه سطح (V1=۰، V2=۱۰ و V3=۲۰ تن در هکتار) در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با هیجده تیمار و سه تکرار انجام گرفت. همچنین، یک کرت به عنوان شاهد کود شیمیایی با مصرف NPK ۱۰۰/۱۰۰/۱۰۰ نتران ۱۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از نوع اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم در هر تکرار قرار داده شد و مقایسه آن با تیمارهای کودهای زیستی نیز در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با نوزده تیمار و سه تکرار صورت گرفت. مایه تلقیح قارچ میکوریزایی VAM بنام *Glomus intraradices* که به صورت اندام فعال قارچی (شامل اسپور، هیف و ریشه) بوده از مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه گردید. بیمار با قارچ میکوریزا

جدول ۱- برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Some physical and chemical soil properties in experimental site

اسیدیت	هدایت الکتریکی	کربن آلی	نیترژن	فسفر	کلسیم	آهن	روی	Cu
pH	EC (ds/m)	O.C (%)	N	P	Ca	Fe	Zn	
Texture					میلی گرم در کیلوگرم	mg/kg		
لومی رسی Loamy-Clay	7.3	0.92	0.70	8.19	16	726	-	-

* Available form of nutrients was measured.

* فرم قابل جذب عناصر غذایی اندازه گیری شد.

نتیجه و بحث

تعداد چتر در بوته

نتیجه حاصل از تجزیه مرکب سال های آزمایش ۱ و ۲ آن بود که تاثیر عوامل تلقیح بکریزا و ورم کمپوست در سطح یک درصد و عامل کود فسفات ز ۱ در سطح پنج درصد بر تعداد چتر در بوته معنی دار گردید اما اثرات متقابل میان عوامل تاثير داری بر تعداد چتر در بوته نداشتند (جدول ۲). بمارها نشان داد که بین سطوح تلقیح بکریزا تفاوت قابل توجهی وجود دارد به طوری که تعداد چتر در بوته در تلقیح ۱ بکریزا (۱/۱) در مقایسه با عدم تلقیح (۰/۰) در حدود ۱۰۰ درصد بیشتر بود (جدول ۲). نتوان استنباط کرد که همزیستی بکریزا از طریق تثبیت نیتروژن مناسب و افزایش بایوماس بازاریانه، موجبات تسهیل در کلدی و بهبود تعداد چتر در بوته را فراهم آورد. این موضوع با نتایج کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) مطابقت دارد. آنها تعداد چتر بکریزا در بوته را به بهبود تغذیه بکریزا به ویژه فسفر و افزایش عملکرد بیولوژیک در بمار بکریزا نسبت دادند. پژوهش دو ساله که توسط سوبرامانیان و همکاران (Subramanian et al., 2006) بر روی همزیستی انجام گرفت، نیز مشاهده گردید که همزیستی بکریزا با افزایش بارز تعداد گل در بوته در مقایسه با بمار لرد، افزایش در آب و تغذیه که در اثر همزیستی بکریزا حاصل گردیده بود، نسبت داده شد. بمارها بیانگر آن بود که میان سطوح مختلف کود فسفات ز ۱ اختلاف معنی داری وجود دارد به نحوی که تعداد چتر در بوته در سطح سوم آن (۱/۱)، در حدود ۱۰۰ درصد بیشتر از سطح اول (۰/۰) گردید (جدول ۲). در رابطه با اثر ورم کمپوست بر تعداد چتر در بوته نتایج نشان دادند که

وزن خشک در داخل اون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد خشک شدند و سپس عملکرد بیولوژیک بر اساس میانگین وزن خشک بوته در هر کرت محاسبه گردید (Akbarinia, 2004; Kapoor et al., 2004). جهت اندازه گیری درصد همزیستی بکریزا، همزمان با برداشت بوته ها، از ریشه های آنها به ویژه ریشه های موین و نازک، برای بر داری بامد. سپس ریشه ها به دقت با آب مقطر شستشو شده و از محلول FAA (Formalin Acetic Acid Alcohol) برای تثبیت ریشه ها استفاده گردید. مراحل رنگ آمیزی ریشه و سپس رنگ آمیزی آنها طبق روش فیلپس و هاب (Philips and Hayman, 1970) صورت گرفت. ابتدا برای بی رنگ کردن ریشه ها از محلول ده درصد KOH مدت ۲۴ ساعت استفاده شد و بعد نمونه ها با آب مقطر شستشو شدند. برای رنگ آمیزی ریشه ها از محلول حاوی ۱/۱ درصد تریان بلو در لاکتوکلیرول استفاده گردید. به منظور همزیستی قارچ بکریزا با ریشه بازاریانه از روش خطوط متقاطع (Gridline Intersect Method) استفاده شد (Giovannetti and Mosse, 1980). بدین صورت که در مورد هر تیمار، ریشه های رنگ آمیزی شده به قطعات یک سانتی متری برش داده شدند و به همراه محلول رنگ بر لاکتوکلیرول روی پلیت شیشه ای قرار داده شدند. سپس قطعات ریشه از نظر وجود اندام های قارچی در محل تلاقی خطوط افقی و عمودی کاغذ شطرنجی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج به صورت درصد بیان شد.

جهت تجزیه و تحلیل داده های نتایج هر سال آزمایش و نتایج دو سال آزمایش به صورت تجزیه مرکب داده ها، از نرم افزارهای آماری (SAS, SPSS, MSTAT-c) استفاده گردید. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد انجام شد.

بن سطوح ورم کمپوست اختلاف معنی داری وجود دارد به نحوی که تعداد چتر در بوته در سطح سوم (۱۰۰۰/۱۰۰) درصد بیشتر از سطح دوم (۱۰۰۰/۱۰۰) و ۱۰۰/۱۰۰ درصد بیشتر از سطح اول (۱۰۰۰۰/۱۰۰) بود (جدول ۱). بر ورم کمپوست نیز میزان کلدهم و تعداد چتر در رازیانه مثبت ارز شد. به عبارت دیگر مصرف مقدار مناسب ورم کمپوست از طریق بهبود فعالی برای میکروبی خاک و تولید هم کننده برای رشد گیاه توسط این موجودات و نیز فراهم جذب بیشتر عناصر غذا، سبب افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاه گردیده که این مسئله در نهادهای افزایش یافته انجامد. نتیجه مطالعه آرانکون و همکاران (Arancon et al., 2004) بر ورم کمپوست در توت فرنگی و این مطلب است. (Pandey, 2005) در مطالعه خود که روی گیاه دارویی درمنه انجام گرفت، نشان داد که مصرف ورم کمپوست، موجب بهبود قابل ملاحظه کلدهم گیاه در مقایسه با شاهد گردید. در این پژوهش ملاحظه گردید که بکارگیری ورم کمپوست از طریق کنترل آفات و بیماری های خاکی و بهبود واکنش های گیاه در خاک و نیز جذب آب و عناصر غذا، در تحقیقات افزایش رشد و نمو و کلدهم گیاه گردید. در تحقیقات دیگر که توسط روی و سب (Roy and Singh, 2006) انجام شد، مشاهدات بیانگر آن بود که کاربرد ۱۰۰ تن در هکتار ورم کمپوست در مقایسه با عدم کاربرد آن، سبب افزایش قابل توجه تعداد سنبله در بوته جو گردید. آنها دریافتند که استفاده از ورم کمپوست از طریق میکروارگانیسم های خاک و عرضه مداوم و پایدار عناصر معدنی گیاه، موجب این افزایش شد. نتایج بدست آمده از تجزیه مرکب دو سال ازما را حاکی از آن بود که تیمارهای مختلف کودهای ز (جدول ۱) و شاهد اثر معنی داری بر تعداد چتر در بوته داشتند کودهای ز (۱۰۰۰/۱۰۰) نیز دارای تفاوت معنی داری بود به

طوری که دو تیمار کود ز (۱۰۰۰/۱۰۰) و (۱۰۰۰/۱۰۰) کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفات ز (۱۰۰/۱۰۰) و ۱۰۰ تن در هکتار ورم کمپوست (۱۰۰۰/۱۰۰) و تلقی (۱۰۰۰/۱۰۰) ورم کمپوست ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفات ز (۱۰۰/۱۰۰) و ۱۰۰ تن ورم کمپوست (۱۰۰۰/۱۰۰) (۱۰۰۰/۱۰۰) و ۱۰۰/۱۰۰ درصد (۱۰۰۰/۱۰۰) در مقایسه با تیمار شاهد (۱۰۰۰/۱۰۰) نشان دادند (جدول ۱). تیمارهای کودهای ز (۱۰۰۰/۱۰۰) مطلوب در تیمار شاهد شش، به مراتب شرا و برای بهبود فعالی برای میکروبی خاک با کردند و از طریق جذب مطلوب عناصر معدنی مصرف و کم مصرف توسط ریشه راز (۱۰۰۰/۱۰۰) افزایش رشد و کلدهم (تعداد چتر در بوته) (۱۰۰۰/۱۰۰) و تیمارهای ز (۱۰۰۰/۱۰۰) بر استفاده از منابع آب و بیولوژیک همراه با مصرف متعادل کودهای (۱۰۰۰/۱۰۰) باشد و در آنها مورد تا و تا کاربرد قرار گرفته است (Sharma, 2002b; Kapoor et al., 2004; Roy and Singh, 2006) موافقت دارد.

عملکرد بیولوژیک

تیمار مرکب داده های دو سال ازما را آن بود که اثر هر سه عامل به تنها و نیز اثر متقابل تیمارهای ز (۱۰۰۰/۱۰۰) و ورم کمپوست در سطح ۱۰۰ درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی دار بودند (جدول ۱). تیمارهای ز (۱۰۰۰/۱۰۰) و تیمارهای ز (۱۰۰۰/۱۰۰) تفاوت قابل توجه وجود دارد به نحوی که عملکرد بیولوژیک در تلقی (۱۰۰۰/۱۰۰) و تیمارهای ز (۱۰۰۰/۱۰۰) در مقایسه با عدم تیمار (۱۰۰۰/۱۰۰) (۱۰۰۰/۱۰۰) در هکتار) در حدود ۱۰۰ درصد بیشتر بود (جدول ۱). در خصوص اثر همزیستی تیمارهای ز (۱۰۰۰/۱۰۰) بر روی عملکرد بیولوژیک راز (۱۰۰۰/۱۰۰) استنباط کرد که بهبود میزان فتوسنتز و رشد، موجب افزایش بوماس بوته و در نهایت عملکرد بیولوژیک گردید. در همین زمینه، کاپور و همکاران

جدول ۳- خلاصه تجزیه واریانس مرکب اثر کودهای زیستی بر صفات راز

Table 3. Summary of combined analysis of variance of effect of biofertilizers on some characteristics in fennel

S. O. V.	منابع تغییرات	df	میانگین مربعات MS		
			تعداد چتر در بوته Umbrella no./plant	عملکرد بیولوژیک Biological Yield	درصد همزیستی ریشه Root colonization percent
Year (Y)	سال	1	9671.905 ^{ns}	** 163389436.2	* 232.731
Replication (Y)	تکرار سال	4	1.158	81964.3	10.140
Mycorrhizal Inoculation (M)	تلقیح میکوریزایی	1	** 1198.667	** 20428827.4	** 18084.426
M × Y	تلقیح میکوریزایی × سال	1	** 114.577	** 2175806.8	** 105.495
Phosphate Biofertilizer (P)	کود فسفات زیستی	2	* 28.534	** 714533.0	** 247.980
P × Y	کود فسفات زیستی × سال	2	8.479 ^{ns}	205309.9 ^{ns}	4.154 ^{ns}
M × P	تلقیح میکوریزایی × کود فسفات زیستی	2	2.277 ^{ns}	7585.3 ^{ns}	** 43.518
M × P × Y	تلقیح میکوریزایی × کود فسفات زیستی × سال	2	1.239 ^{ns}	17362.6 ^{ns}	0.234 ^{ns}
Vermicompost (V)	ورمی کمپوست	2	** 538.717	** 82267566.9	** 713.565
V × Y	ورمی کمپوست × سال	2	** 537.723	** 14590730.3	5.953 ^{ns}
M × V	تلقیح میکوریزایی × ورمی کمپوست	2	5.639 ^{ns}	** 484281.5	18.142 ^{ns}
M × V × Y	تلقیح میکوریزایی × ورمی کمپوست × سال	2	0.796 ^{ns}	** 360237.1	0.279 ^{ns}
P × V	کود فسفات زیستی × ورمی کمپوست	4	2.419 ^{ns}	43320.3 ^{ns}	** 48.852
P × V × Y	کود فسفات زیستی × ورمی کمپوست × سال	4	0.744 ^{ns}	33565.1 ^{ns}	0.394 ^{ns}
M × P × V	تلقیح میکوریزایی × کود فسفات زیستی × ورمی کمپوست	4	0.350 ^{ns}	16111.0 ^{ns}	** 29.098
M × P × V × Y	تلقیح میکوریزایی × کود فسفات زیستی × ورمی کمپوست × سال	4	0.429 ^{ns}	26424.4 ^{ns}	0.671 ^{ns}
Error	خطا	68	6.093	67206.4	6.109

* و **: دارای سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

* and **: Significant at 5 and 1% levels of probability, respectively.

ns: Non-significant.

ns: Non-significant.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

جدول ۶- تعداد چتر در بوته در اثر کودهای زیستی در سال های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴

Table 6. Means of umbrella no./plant as affected by biofertilizers in 2005 and 2006 cropping seasons

لیمار Treatment	تعداد چتر در بوته Umbrella no./plant		درصد تغییر نسبت به کنترل % Change to control
	2005	2006	
M1P1V1	17.5 j	26.3 h	21.9 f
M1P1V2	26.2 gh	41.4 ef	33.8 d
M1P1V3	34.0 bcd	56.6 bc	45.2 b
M1P2V1	18.7 j	28.3 h	23.5 f
M1P2V2	26.2 gh	42.7 e	34.4 d
M1P2V3	35.2 b	60.6 b	47.9 b
M1P3V1	18.3 j	29.3 h	23.8 f
M1P3V2	27.1 fg	43.7 e	35.4 d
M1P3V3	34.7 bc	61.1 b	47.9 b
M2P1V1	21.9 i	35.2 g	28.6 e
M2P1V2	30.7 de	49.7 d	40.4 c
M2P1V3	39.2 a	67.9 a	53.5 a
M2P2V1	22.7 i	36.5 fg	29.6 e
M2P2V2	29.8 ef	50.4 d	40.1 c
M2P2V3	39.9 a	69.6 a	54.7 a
M2P3V1	23.6 hi	37.4 fg	30.5 e
M2P3V2	31.0 de	51.0 d	41.0 c
M2P3V3	40.2 a	70.3 a	55.2 a
Control (NPK: 90, 60 and 90 Kg/ha)	31.6 cde	52.2 cd	41.9 c

Means, in each column for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

(Omar, 1998) در خصوص اهمیت مصرف بکروارگانیزم های حل کننده فسفات در خاک های انجام شده بود، روشن گردید که کاربرد بکروارگانیزم همراه با سنگ فسفات، ضمن افزایش فسفر و فراهمی مناسب آن برای گندم، موجب بهبود رشد و عملکرد بیولوژیک گیاه و حفظ سلامت خاک، می باشد. (Annamalai et al., 2004) بین بهبود حاصل از عملکرد بیولوژیک در اثر مصرف باکتری های حل کننده فسفات در یک گیاه دارو از خانواده فریون در کابل و همکاران (Cabello et al., 2005) و دفریتاس و همکاران (Defreitas et al., 1997)

وجود دارد به نحوی که عملکرد بیولوژیک در سطح دوم (کیلوگرم در هکتار) در حدود ۱/۱ درصد بیشتر از سطح اول (کیلوگرم در هکتار) گردید (جدول ۶). ممکن است کود فسفات زنجیره جذب فسفر و افزایش میزان فتوسنتز موجب بهبود عملکرد بیولوژیک گیاه موضوع با پژوهش راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) بر روی گیاه دارو مطابق دارد. آنها اظهار داشتند که علاوه بر تأثیر (که بهبود جذب فسفر می تواند بر روی افزایش وزن خشک گیاه داشته باشد، احتمال آن وجود دارد که باکتری های حل کننده فسفات از هورمون های رشد گیاه در آن مهم دخیل در پژوهش های که توسط

جدول ۴- میانگین عملکرد بیولوژیک در سطوح مختلف کودهای زیستی و اثر متقابل آن‌ها در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶

Table 4. Means for biological yield in different levels of biofertilizers and their intractions in 2005 and 2006 cropping seasons.

تیمار Treatment	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological Yield (Kg/ha)		
	۲۰۰۵	۲۰۰۶	میانگین Mean
تلقیح میکوریزایی Mycorrhizal Inoculation			
M1= non-inoculated	3392 b	5568 b	4480 b
M2= inoculated	3978 a	6722 a	5350 a
کود فسفات زیستی (کیلوگرم در هکتار) Phosphatic Biofertilizer (Kg/ha)			
P1= 0 kg/ha	3610 b	5906 b	4757 b
P2= 30 kg/ha	3712 a	6203 a	4957 a
P3= 60 kg/ha	3734 a	6326 a	5029 a
ورمی کمپوست (تن در هکتار) Vermicompost (ton/ha)			
V1= 0 ton/ha	2794 c	3928 c	3361 c
V2= 5 ton/ha	3718 b	6289 b	5003 b
V3= 10 ton/ha	4544 a	8218 a	6380 a
تلقیح میکوریزایی × ورمی کمپوست M × V			
M1V1	2435 f	3334 f	2884 f
M1V2	3470 d	5929 d	4699 d
M1V3	4271 b	7441 b	5856 b
M2V1	3153 e	4522 e	3837 e
M2V2	3965 c	6650 c	5307 c
M2V3	4816 a	8994 a	6904 a

اعداد در هر ستون و برای هر عامل که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشد، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

موجبات افزایش رشد اندام هوایی و ارتفاع و تعداد چتر در بوته و متعاقب آن مقادیر مختلف ورم‌کمپوست روی گیاه دارویی ریحان صورت گرفت، انور و همکاران (Anwar *et al.*, 2005) نشان دادند که مصرف ۱۰ تن در هکتار ورم‌کمپوست همراه با کود شیمیایی NPK ۳۰-۱۰-۱۰ به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار (۱۰ تن در هکتار) از عملکرد بیولوژیک گیاه دارویی ریحان افزایش داد. آنها اظهار داشتند که افزودن ورم‌کمپوست به خاک با بهبود پایداری و جذب شریانی و بیولوژیک خاک، فراهم‌کننده عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، موجبات افزایش رشد

روی کلزا، نیتروژن و فسفر پژوهش حاضر می‌باشد. در رابطه با اثر ورم‌کمپوست بر عملکرد بیولوژیک نیتروژن و فسفر، این‌ها نشان دهنده آن بود که بین سطوح مصرف ورم‌کمپوست اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به نحوی که عملکرد بیولوژیک در سطح سوم (۱۰ کیلوگرم در هکتار) در صد بیشتر از سطح دوم (۵ کیلوگرم در هکتار) و در صد بیشتر از سطح اول (۰ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۴). افزودن ورم‌کمپوست به خاک ممکن است فراهم‌کننده عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش داده است بلکه با بهبود شریانی و بیولوژیک خاک، ضمن ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریحان

११

بقی ایجاد یک محیط کشت مناسب و فراهمی غذا، موجب بهبود رشد و نمو گیاه رازیانه و افزایش عملکرد بیولوژیک آن در مقایسه با بکار شاهد شد. در این پژوهش، نتایج مطالعات برخی از محققین در رابطه با مصرف کودهای زیستی و آلی بر بهبود بیوماس گیاهان مختلف، نشان داده شده است (Sainz et al., 1998; Cavender et al., 2003; Akbarinia, 2003).

زیرک و تن ورم (کلیم) (کلوگرم در هکتار) بیولوژیکی در حدود و درصد نسبت به شاهد (کلوگرم در هکتار) داشتند (جدول ۶). در تفهیب بیولوژیکی می توان بیان نمود که کاربرد تلفیقی کودهای زیستی به همراه مصرف کلوگرم نیتروژن، ضمن بهبود احتمال افزایش خاک و افزایش باروری آن و نیز اثرات متقابل بین کودهای زیستی و قارچ میکوریزا و ورم کمپوست ایجاد شد، قادر می باشد از

جدول ۶- عملکرد بیولوژیک در اثر کودهای زیستی در سال های و

Table 6. Means of biological yield as affected by biofertilizers in 2005 and 2006 cropping seasons

تیمار Treatment	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological Yield (Kg/ha)			درصد تغییر نسبت به کنترل %Change to control
	2005	2006	Mean	
M1P1V1	2414 i	3204 j	2808 i	-48.9
M1P1V2	3476 g	5628 h	4552 g	-17.1
M1P1V3	4177 cde	7123 cd	5649 de	+2.8
M1P2V1	2404 i	3380 j	2892 i	-47.4
M1P2V2	3515 g	5986 gh	4750 g	-13.5
M1P2V3	4272 cd	7489 bc	5880 cd	+7.0
M1P3V1	2486 i	3420 j	2952 i	-46.3
M1P3V2	3420 g	6173 fgh	4796 g	-12.7
M1P3V3	4366 c	7712 b	6039 c	+9.9
M2P1V1	3011 h	4345 i	3678 h	-33.0
M2P1V2	3858 f	6397 efg	5127 f	-6.7
M2P1V3	4724 b	8738 a	6731 b	+22.5
M2P2V1	3342 g	4584 i	3963 h	-27.9
M2P2V2	4046 def	6699 def	5372 ef	-2.2
M2P2V3	4691 b	9083 a	6886 ab	+25.3
M2P3V1	3106 h	4638 i	3872 h	-29.5
M2P3V2	3991 ef	6854 de	5422 ef	-1.3
M2P3V3	5033 a	9161 a	7097 a	+29.2
Control (NPK: 90, 60 and 90 Kg/ha)	4002 ef	6986 cde	5494 e	-

در هر ستون و برای هر عامل که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

در سطح یک درصد بر درصد همزیستی رازیانه دار گرد (جدول ۶). بکارها نشان داد که بین سطوح تلفیقی میکوریزا تفاوت قابل وجود داشت، به طوری که درصد همزیستی

درصد همزیستی و میکوریزا به مرکب داده های سال های آزمایش و نیز اثر متقابل آن بود که اثر هر سه عامل به تنها و نیز اثر متقابل میکوریزا × کود فسفات زیستی و اثر متقابل هر

و همکاران (Hazarika et al., 2000) روی گیاه چای در سطح ۱۰۰٪ درصدها، پزوهش حاضر مطابقت دارد. آنها مشاهده کردند که کاربرد باکتری *Bacillus polymyxa* در حضور سنک فسفات موجب افزایش درصد کلونیزاسیون ریشه گردید. آنها گزارش کردند در خاکهای اسیدی که سمبک الومبیک و کمبود فسفر وجود دارد، مصرف باکتری ها ضمن بهبود همزیستی میکوریزا، رشد و نمو آن عرضه کافی و افزایش ریشه و افزایش درصد کلونیزاسیون در دو مطالعه دیگر که در خصوص کاربرد میکروارگانیسم های حل کننده فسفات روی گیاهان گندم و ماش سبز انجام گرفت، آشکار شد که مصرف باکتری *Bacillus circulans* و باکتری قارچ *Cladosporium herbarum* در حضور سنک فسفات سبب بهبود قابل ملاحظه درصد همزیستی ریشه و کلونیزاسیون گردید (Singh and Kapoor, 1998). آنها اظهار داشتند که ممکن است تولید هورمون های IAA که توسط باکتری *Bacillus* گانیزم ها صورت می گیرد، دارای اهمیت باشد که کلونیزاسیون ریشه را افزایش دهد. نشان داد که با سطوح ورمبک کمپوست تفاوت معنی داری وجود دارد به طوری که درصد همزیستی ریشه در سطح دوم (۱۰۰٪) در حدود ۱۰٪ درصد بیشتر از سطح اول (۱۰۰٪) و در حدود ۱۰٪ درصد بیشتر از سطح سوم (۱۰۰٪) بود (جدول ۱). استنباط می شود که عناصر غذایی موجود در ورمبک کمپوست از طریق افزایش رشد ریشه و افزایش همزیستی میکوریزا، موجب بهبود درصد کلونیزاسیون ریشه و افزایش همزیستی میکوریزا می شود. موضوع در گیاه دارویی *Shivaputra et al.* (2004) و همکاران (Kale et al., 1987) روی گیاه دارویی *Shivaputra et al.* (2004) و همکاران (Shivaputra et al., 2004) قابل مشاهده است. گزارش آن بود که مصرف ورمبک کمپوست تحت شرایط گلخانه ای در گیاه خربزه درختی، سبب بهبود قابل

ریشه در همزیستی میکوریزا (۱۰۰٪/۱۰۰٪) در حدود ۱۰٪ درصد بیشتر از عدم تلقیح (۱۰۰٪/۱۰۰٪) (جدول ۱). می توان استنباط کرد که تلقیح میکوریزا، شرایط مناسب برای بهبود درصد همزیستی ریشه در رازها فراهم آورد. در همین رابطه کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) در مطالعه ای با دو گونه قارچ میکوریزای *Glomus fasciculatum* (۱۰۰٪) و *G. macrocarpum* (۱۰۰٪) به طرز چشمگیری بیشتر از تیمار عدم تلقیح (۱۰۰٪) گردید. در پژوهش دیگر گوپتا و همکاران (Gupta et al., 2002) نیز نشان دادند که تلقیح باکتری از قارچ میکوریزا (*Glomus fasciculatum*) ریشه نعنای، سبب افزایش محسوس درصد همزیستی ریشه گردید. باقیات راتپ و همکاران (Ratti et al., 2001) و آریاگادا و همکاران (Arriagada et al., 2007) در مطالعه ای روی گیاهان دارویی *Arriagada et al.* (2007) و اوکالیتوس (Kapoor et al., 2002) روی گیاه و نوعی زیره مین آن بود که تلقیح ریشه این دو گیاه با گونه های میکوریزا، موجب افزایش بارز درصد همزیستی ریشه گردید. گیاهی که به طور مبدل از آن استفاده می شود در دو گیاه مذکور به ترتیب در حدود ۱۰٪ و ۱۰٪ درصد گردید و این در حالی بود که مقدار آن در تیمار شاهد فقط در حدود دو درصد بود. آن بود که مبدل آن سطوح کود فسفات زنجیره ای مختلف در سطح دوم (۱۰۰٪/۱۰۰٪) در حدود ۱۰٪ درصد و در سطح اول (۱۰۰٪/۱۰۰٪) در حدود ۱۰٪ درصد و در سطح دوم (۱۰۰٪/۱۰۰٪) در حدود ۱۰٪ درصد بود. کاربرد کود فسفات زنجیره ای از طریق رها سازی آهسته و مداوم فسفر ممکن است موجب تحریک همزیستی میکوریزا و متعاقب آن افزایش درصد همزیستی ریشه رازیانه شده باشد. طبق هازاریکا

جدول ۷- درصد همزیستی ریشه در سطوح مختلف کودهای زیستی در سال ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶

Table 7. Means for root colonization percent in different levels of biofertilizers in 2005 and 2006 cropping seasons.

تیمار Treatment	درصد همزیستی ریشه Root colonization (%)		
	2005	2006	Mean
تلقیح میکوریزایی Mycorrhizal Inoculation			
M1= non-inoculated	26.77 b	27.73 b	27.25 b
M2= inoculated	50.68 a	55.59 a	53.13 a
کود فسفات زیستی (کیلوگرم در هکتار) Phosphatic Biofertilizer (Kg/ha)			
P1= 0 kg/ha	36.97 b	39.14 c	38.06 c
P2= 30 kg/ha	37.81 b	40.99 b	39.40 b
P3= 60 kg/ha	41.40 a	44.85 a	43.12 a
ورمی کمپوست (تن در هکتار) Vermicompost (ton/ha)			
V1= 0 ton/ha	34.08 b	63.13 c	35.10 c
V2= 5 ton/ha	41.54 a	45.20 a	43.37 a
V3= 10 ton/ha	40.56 a	43.65 b	42.11 b
تلقیح میکوریزایی × کود فسفات زیستی M × P			
M1P1	24.28 d	24.48 d	24.38 e
M1P2	27.04 c	28.41 c	27.72 d
M1P3	29.00 c	30.31 c	29.65 c
M2P1	49.67 b	53.80 b	51.73 b
M2P2	48.57 b	53.58 b	51.08 b
M2P3	53.79 a	59.39 a	56.59 a
تلقیح میکوریزایی × کود فسفات زیستی × ورمی کمپوست M × P × V			
M1P1V1	17.77 f	17.13 j	17.45 j
M1P1V2	27.47 e	28.43 gh	27.95 h
M1P1V3	27.61 e	27.87 h	27.74 h
M1P2V1	22.16 f	22.49 i	22.32 i
M1P2V2	28.47 e	30.80 gh	29.63 gh
M1P2V3	30.50 e	31.93 gh	31.22 g
M1P3V1	27.97 e	28.27 gh	28.12 gh
M1P3V2	30.07 e	32.43 g	31.25 g
M1P3V3	28.97 e	30.23 gh	29.60 gh
M2P1V1	42.57 d	45.27 f	43.92 f
M2P1V2	53.40 b	58.90 bc	56.15 b
M2P1V3	53.03 b	57.23 bcd	55.13 b c
M2P2V1	46.20 cd	50.21 e	48.20 e
M2P2V2	50.05 bc	55.67 c d	52.86 c d
M2P2V3	49.47 bc	54.87 d	52.17 c d
M2P3V1	47.80 c	53.43 d e	50.62 d e
M2P3V2	59.77 a	64.97 a	62.37 a
M2P3V3	53.81 b	59.77 b	56.79 b

در هر ستون و برای هر تیمار که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشد، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

۱۰۳

بروز اثرات متقابل تشدید کننده و مقلد در بین آنها همراه بود، مهیا کردند و سبب افزایش درصد همزیستی ریشه راز. همزیستی میکوریزا شدند. از طرف دیگر مصرف کودهای شیمیایی حاوی فسفر محلول، به عنوان یک مانع اصلی در ایجاد همزیستی میکوریزا بشمار رود و از این رو می توان گفت که سبب همزیستی کشاورزی متداول که مبتنی بر مصرف فراوان کودهای شیمیایی هستند غالباً از مزایای همزیستی میکوریزا محروم می باشد (Sharma, 2002a and b; Kapoor *et al.*, 2004; Gholami, 1999) این دلیل در تیمار شاهد مانع کاهش زیاد درصد همزیستی ریشه به وضوح مشاهده شد.

داده های سال های آزمایش، درصد همزیستی ریشه میکوریزا در تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شاهد در سطح یک درصد معین دار گردید (جدول 8). همزیستی میکوریزا شاهد و تیمارهای کودهای زیستی همزیستی میکوریزا شاهد بود. به طوری که تیمار کودهای زیستی همزیستی میکوریزا شاهد، مصرف کود کرم کود فسفات زیستی و ورمب در هکتار ورمب کمپوست (100/100%) همزیستی میکوریزا در حدود 100 درصد، همزیستی میکوریزا شاهد (100/100%) داشت (جدول 8). بنابراین تیمارهای کودهای زیستی مطلوب در مقابل همزیستی میکوریزا شاهد کود شیمیایی، به مراتب شراکت میکوریزا برای بهبود فعالی میکوریزا در خاک که با

جدول 8- درصد همزیستی میکوریزا در اثر کودهای زیستی در سال های 1385 و 1386

Table 8. Means of root colonization percent as affected by biofertilizers in 2005 and 2006 cropping seasons

تیمار Treatment	درصد همزیستی میکوریزا Root colonization (%)			درصد تغییرات همزیستی میکوریزا نسبت به تیمار شاهد %Change to control
	2005	2006	Mean	
M1P1V1	17.62 g	17.13 j	17.45 j	+41.5
M1P1V2	27.47 e	28.43 gh	27.95 h	+126.7
M1P1V3	27.61 e	28.87 h	27.74 h	+125.0
M1P2V1	22.16 f	22.49 i	22.32 i	+81.0
M1P2V2	28.47 e	30.80 gh	29.63 gh	+140.3
M1P2V3	30.50 e	31.93 gh	31.22 g	+153.2
M1P3V1	27.97 e	28.27 h	28.12 h	+128.0
M1P3V2	30.07 e	32.43 g	31.25 g	+153.4
M1P3V3	28.97 e	30.23 gh	29.60 h	+140.0
M2P1V1	42.57 d	45.27 f	43.92 f	+256.2
M2P1V2	53.40 b	58.90 bc	56.15 b	+355.4
M2P1V3	53.03 b	57.23 bcd	55.13 bc	+347.1
M2P2V1	46.20 cd	50.21 e	48.20 e	+290.9
M2P2V2	50.05 bc	55.67 cd	52.86 cd	+328.7
M2P2V3	49.47 bc	54.87 d	52.17 d	+323.1
M2P3V1	47.80 c	53.43 de	50.62 de	+310.5
M2P3V2	59.77 a	64.97 a	62.37 a	+405.8
M2P3V3	53.81 b	59.77 b	56.79 b	+360.6
Control (NPK: 90, 60 and 90 Kg/ha)	12.13 h	12.53 k	12.33 k	-

در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال 5% تفاوت معنی دار ندارند. Means, in each column for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

سیاسگزاری

نکارندگان داشتند، کمال سیاسگزاری و تشکر را دارم. از همکاری و زحمات کارکنان بخش بیولوژی و باغبانی و آب کشور نیز کمال تشکر را دارم.

بله از رئیس و کارکنان ایستگاه تحقیقات همدند دماوند وابسته به مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور که همکاری بی‌مانه ای در طول اجرای

References

منابع مورد استفاده

- Acevedo, I. C. and R. Pire. 2004. Effects of vermicompost as substrate amendment on the growth of papaya (*Carica papaya* L.). *Interciencia*. 29: 274-279.
- Akbarinia, A. 2003. Study on yield and effective substance of ajowan (*Trachyspermum ammi*) under conventional, organic and integrated systems. Ph.D. Thesis in Agronomy. Faculty of Agriculture, The University of Tarbiat Modarres.
- Annamalai, A., P. T. V. Lakshmi, D. Lalithakumari and K. Murugesan. 2004. Optimization of biofertilizers on growth, biomass and seed yield of *Phyllanthus amarus* (Bhumyamalaki) in sandy loam soil. *J. Medicinal and Aromatic Plants Sci*. 26: 21-28.
- Anwar, M., D. D. Patra, S. Chand, K. Alpesh, A. A. Naqvi and S. P. S. Khanuja. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. *Communications in Soil Sci. and Plant Analysis*. 36: 1737-1746.
- Arancon, N., C. A. Edwards, P. Bierman, C. Welch and J. D. Metzger. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technol*. 93: 145-153.
- Arriagada, C. A., M. A. Herrera and J. A. Ocampo. 2007. Beneficial effect of saprobe and arbuscular mycorrhizal fungi on growth of *Eucalyptus globules* co-cultured with *Glycine max* in soil contaminated with heavy metals. *J. Environmental Management*. 84: 93-99.
- Bajaj, Y. P. S. 1989. Biotechnology in agriculture and forestry. Vol 7. Medicinal and Aromatic Plants 2. Springer-Verlag Press. 480 pp.
- Cabello, M., G. Irrazabal, A. M. Bucsinszky, M. Saparrat and S. Schalamuk. 2005. Effect of arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus mosseae*, and a rock- phosphate-solubilizing fungus, *Penicillium thomii*, on *Mentha piperita* growth in a soilless medium. *J. Basic Microbiol*. 45: 182-189.
- Cavender, N. D., R. M. Atiyeh and M. Knee. 2003. Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of *sorghum bicolor* at the expense of plant growth. *Pedobiologia*. 47: 85-89.
- Darzi, M. T., M. T. Hadj Seyed Hadi and N. Yasa. 2005. Effects of sowing date and plant density on seed yield and quality of active substance in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 2: 27-36.
- Defreitas, J. R., M. R. Banerjee and J. J. Germida. 1997. Phosphate solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but not the phosphorus uptake of canola. *Biol. Fert Soils*. 24: 358-364.

- Gholami, A. 1999.** Evaluating the effects of vesicular-arbuscular mycorrhiza (VAM) fungi on growth characteristics of corn. Ph.D. Thesis in Agronomy. Faculty of Agriculture, The University of Tarbiat Modarres.
- Giovannetti, M. and B. Mosse. 1980.** An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*. 84: 489-500.
- Gupta, M. L. and K. K. Janardhanan. 1991.** Mycorrhizal association of *Glomus aggregatum* with palmarosa enhances growth and biomass. *Plant and Soil*. 131: 261-263.
- Gupta, M. L., A. Prasad, M. Ram and S. kumar. 2002.** Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. *Bioresource Technol*. 81: 77-79.
- Gyaneshwar, P., G. Naresh Kumar, L. J. Parekh and P. S. Poole. 2002.** Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. *Plant and Soil*. 245: 83-93.
- Hameeda, B., O. P. Rupela, G. Reddy and K. Satyavani. 2006.** Application of plant growth-promoting bacteria associated with composts and macrofauna for growth promotion of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.). *Biol. Fert. Soils*. 44: 260-266.
- Hazarika, D. K., N. C. Taluk Dar A. K. Phookan, U. N. Saikia, B. C. Das and P. C. Deka. 2000.** Influence of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing bacteria on nursery establishment and growth of tea seedlings in Assam. Symposium No. 12, Assam Agricultural University, Jorhat-Assam, India.
- Jat, R. S. and I. P. S. Ahlawat. 2004.** Effect of vermicompost, biofertilizer and phosphorus on growth, yield and nutrient uptake by gram (*Cicer arietinum*) and their residual effect on fodder maize (*Zea mays*). *Indian J. Agric. Sci*. 74: 359-361.
- Jat, R. S. and I. P. S. Ahlawat. 2006.** Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers and phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize sequence. *J. Sustainable Agric*. 28: 41-54.
- Kale, R. D., K. Bano, M. N. Sreenivasa and D. J. Bagyaraj. 1987.** Influence of worm cast on the growth and mycorrhizal colonization of two ornamental plants. *South Indian Horticulture*. 35: 433-437.
- Kapoor, R., B. Giri, and K. G. Mukerji. 2002.** *Glomus macrocarpum*: a potential bioinoculant to improve essential oil quality and concentration in Dill (*Anethum graveolens* L.) and carum (*Trachyspermum ammi* Sprague). *World J. Microbiol. Biotechnol*. 18: 459-463.
- Kapoor, R., B. Giri, and K. G. Mukerji. 2004.** Improved growth and essential oil yield and quality in *foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technol*. 93: 307-311.
- Khan, M. M. A., S. H. A. Samiullah and M. M. R. K. Afridi. 1992.** Yield and quality of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) in relation to basal and foliar application of nitrogen and phosphorus. *J. Plant Nutrition*. 15: 2505-2515.
- Kumar, S., C. R. Rawat, S. Dhar and S. K. Rai. 2005.** Dry matter accumulation, nutrient uptake and changes in soil fertility status as influenced by different organic sources of nutrients to forage sorghum (*Sorghum bicolor*).

- Indian J. Agric. Sci. 75: 340-342.
- Kumar, V. and K. P. Singh. 2001.** Enriching vermicompost by nitrogen fixing and phosphate solubilizing bacteria. Bioresource Technol. 76: 173-175.
- Kumawat, P. D., N. L. Jat and S. S. Yadavi, 2006.** Effect of organic manure and nitrogen fertilization on growth, yield and economics of barley (*Hordeum vulgare*). Indian J. Agric. Sci. 76: 226-229.
- Marotti, M., V. Dellacecca, R. Piccaglia and E. Giovanelli. 1993.** Agronomic and chemical evaluation of three varieties of *Foeniculum vulgare* Mill. Acta Horticulture. 331: 63-69.
- Omar, S. A. 1998.** The role of rock-phosphate-solubilizing fungi and vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) in growth of wheat plants fertilized with rock phosphate. World J. Microbiol. Biotechnol. 14: 211-218.
- Omidbaigi, R. 1997.** Approaches to production and processing of medicinal plants. Tarrahane Nashr. 424 pp.
- Pandey, R. 2005.** Mangement of *Meloidogyne incognita* in *Artemisia pallens* with bio-organics. Phytoparasitica. 33: 304-308.
- Philips, J. M. and D. S. Hayman. 1970.** Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans. Brit. Mycol. 55: 158-161.
- Rashed Mohassel, M. H. and A. Nezami. 1998.** Effects of sowing date and plant density on growth and seed yield of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) in Mashhad climatic condition. Final report of research project, The University of Ferdosi.
- Ratti, N., S. Kumar, H. N. Verma and S. P. Gautam, 2001.** Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. motia by rhizobacteria, AMF and azospirillum inoculation. Microbiol. Res. 156: 145-149.
- Roy, D. K. and B. P. Singh. 2006.** Effect of level and time of nitrogen application with and without vermicompost on yield, yield attributes and quality of malt barley (*Hordeum vulgare*). Indian J. Agron. 51: 40-42.
- Sainz, M. J., M. T. Taboada-Castro and A. Vilarino. 1998.** Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. Plant and Soil. 205: 85-92.
- Saleh Rastin, N. 2001.** Biofertilizers and their role in order to reach to sustainable agriculture. A compilation of papers of necessity for the production of biofertilizers in Iran. 1-54 pp.
- Sepidkon, F. 2001.** Study of quantitative and qualitative of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) essential oil in different growth stages. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 7: 85-104.
- Sharifi Ashorabadi, E., G. R. Amin, M. Mirza and M. Rezvani. 2002.** Effect of plant nutrition systems (chemical, intermediate and organic systems) on quality of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Pajouhesh & Sazandegi. 56 and 57: 78-87.
- Sharma, A. K. 2002a.** Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India. 407 pp.
- Sharma, A. K. 2002b.** A handbook of organic farming. Agrobios, India. 627 pp.

- Shivaputra, S. S., C. P. Patil, G. S. K. Swamy and P. B. Patil. 2004.** Effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza fungi and vermicompost on drought tolerance in papaya. *Mycorrhiza News*. 16: 12-13.
- Singh, S. and K. K. Kapoor. 1998.** Effects of inoculation of phosphate-solubilizing microorganisms and an arbuscular mycorrhizal fungus on mungbean grown under natural soil conditions. *Mycorrhiza*. 7: 249-253.
- Singh, S. and K. K. Kapoor. 1999.** Inoculation with phosphate-solubilizing microorganisms and a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus improves dry matter, yield, nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. *Biol. Fert. Soils*. 28: 139-144.
- Subramanian, K. S., P. Santhanakrishnan and P. Balasubramanian. 2006.** Responses of field grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. *Sci. Horticulturae*. 107: 245-253.
- Zaller, J. G. 2007.** Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Sci. Horticulturae*. 112: 191-199.

Effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphate biofertilizer application on flowering, biological yield and root colonization in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.)

Darzi, M.T.¹, A. Ghalavand² and F. Rejali³

ABSTRACT

Darzi, M.T., A. Ghalavand and F. Rejali. 2008. Effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphate biofertilizer application on flowering, biological yield and root colonization in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). **Iranian Journal of Crop Sciences. 10 (1):88-109.**

In order to study the effect of biofertilizers on flowering, biological yield and root colonization in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.), an experiment was conducted in 2005 and 2006 growing seasons. The factors were mycorrhizal inoculation (inoculated and non-inoculated), phosphate biofertilizer (0, 30, 60 Kg/ha) and vermicompost (0, 5, 10 Ton/ha). The treatments were arranged as factorial in a randomized complete blocks design with eighteen treatments and three replications. These treatments together with a chemical fertilizer control treatment (NPK: 90, 60 and 90 Kg/ha) were also evaluated using a randomized complete blocks design with nineteen treatments and three replications. Results showed that the highest umbrella no./plant, biological yield and root colonization percent were obtained with mycorrhiza treatment. Phosphate biofertilizer also showed significant effect on these traits. The maximum umbrella no./plant and root colonization percent were related to the plots with application of 60 Kg/ha of phosphate biofertilizer. The highest biological yield were obtained with application of 30 Kg/ha phosphate biofertilizer. The maximum umbrella no./plant and biological yield were obtained from vermicompost (10 ton/ha). The highest root colonization percent were also obtained with application of five ton/ha vermicompost. There were positive and synergistic interactions between factors. For example, interactions between mycorrhizal inoculation × vermicompost on biological yield. Differences between control and biofertilizer treatments were significant, as umbrella no./plant and biological yield in treatment of inoculation with mycorrhiza, application of 60 kg/ha phosphate biofertilizer and 10 ton/ha vermicompost were higher than control. Root colonization percent in treatment of inoculation with mycorrhiza, application of 60 Kg/ha phosphate biofertilizer and five ton/ha vermicompost was also greater than control.

Key words: Fennel, Mycorrhiza, Phosphate biofertilizer, Vermicompost, Flowering, Biological yield, Root colonization.

Received: December 2007

1- Assistant professor, Islamic Azad University, Roodhen Unit, Roodhen, Iran (Corresponding author)

2- Associate professor, Faculty of Agriculture, The University of Tarbiat Modarres, Tehran, Iran

3- Assistant professor, Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran